

ESEIAAT

Treball de fi de Grau



Estudi i Evolució en l'Estructura Organitzacional i Eficiència en el Treball en Equip. Aplicació amb xarxes complexes a un esport en equip.

Grau: Enginyeria de Sistemes Audiovisuals

Data d'entrega: 10 de Juny de 2019

Estudiant: Laura Iglesias Díaz-González

Director/Tutor: Martí Rosas Casals



“Si botas menos es mejor.

Hay mucho más juego de equipo, se pasa más el balón.

El pase es solidario y el bote es egoísta.”

PEPU HERNÁNDEZ

Resum

Aquest projecte pretén demostrar que les xarxes complexes són útils per a l'estudi de l'evolució i el rendiment d'un grup de persones que treballen juntes a partir de les interaccions entre elles.

L'objectiu és demostrar que com més relacions existeixen entre els individus més exitós serà el resultat del seu treball. En aquest cas, s'avalua dins d'un marc esportiu, concretament d'un equip de bàsquet, ja que és pot veure si el resultat final és satisfactori o no d'una manera clara i ràpida. Però l'estudi seria igualment aplicable dins d'una empresa.

El treball exposat a continuació consta de l'anàlisi del partit final de la Copa del Rei 2019. Proposem una sèrie d'objectius i hipòtesis per assolir i demostrar. Seguidament, s'establiran certs ítems els quals extreure del partit per representar aquestes interaccions. A continuació, amb un software d'anàlisi de xarxes complexes, NodeXL en el nostre cas, es realitzarà un estudi individual i global sobre els dos equips finalistes on es compararan els resultats de les mesures de centralitat extretes mitjançant les eines de NodeXL amb les valoracions estadístiques oficials d'ACB. Aquesta comparació pretén demostrar si efectivament és un mètode òptim per avaluar cada jugador i l'equip o, si pel contrari, els resultats obtinguts no tenen res a veure amb els resultats oficials.

També es plantejaran possibles alternatives per donar continuïtat a aquest projecte en un futur.

Finalment, amb totes les dades recopilades i analitzades s'arribarà a unes conclusions on veure si realment les xarxes complexes serveix per estudiar l'evolució i el rendiment d'un grup de persones que tenen un projecte en comú.

Abstract

This project wants to demonstrate that complex networks are useful to study the evolution and the efficiency of a group of people that work together from their interactions with each other.

The objective is to show that the more interactions between individuals, the more successful the result will be. In this case, it is evaluated within a sports environment, more specifically, a basketball team, because the final result can be seen if it is satisfactory or not in a clear and fast way. Nevertheless, the study would be equally applicable in a company.

The work shown below consists of the analysis of the final match of Copa del Rei 2019. We propose some objectives to achieve and hypotheses to demonstrate. Next, we establish some items to extract from the game to represent the interactions. Afterwards, with a network analysis software (i. e., NodeXL), we perform a study both global and individual about both teams where we compare the results of centrality measures extracted from NodeXL tools with the ACB official statistics assessments. This comparison tries to demonstrate if, effectively, it is an optimal method to evaluate each player and each team or, on the contrary, the results do not look like the official valuations.

Also, we will consider alternatives to give continuity to this project in the future.

Finally, with all the data analysed, we will extract some conclusions to see if complex networks are useful to study the evolution and the efficiency of a group of people who have a project in common.



Sumari del contingut

RESUM	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓ	9
1.1. Objecte i abast del projecte	9
1.2. Hipòtesis	10
1.3. Requeriments	11
2. MARC TEÒRIC	13
2.1. Antecedents	13
2.2. Estat de l'art	14
2.2.1. Teoria de grafs	14
2.2.1.1. Caracterització de les xarxes	15
2.2.1.1.1. Mesures de centralitat i globals	15
2.2.1.1.2. Grafs	19
2.2.1.1.3. Models de xarxes complexes	20
2.2.2. Eines per a la representació i l'anàlisi de xarxes	22
2.2.2.1. NodeXL	22
2.2.2.1.1. Importació de dades	23
2.2.2.1.2. Representació de dades	23
2.2.2.1.3. Visualització dels grafs	24
3. RESULTATS	25
3.1. Plantejament	25
3.2. Procediment per a la representació i estudi de les dades	26
3.3. Anàlisis dels resultats	31
3.3.1. Mètriques globals	41
3.4. Pressupost	44



4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS.....	50
4.1. Conclusions.....	50
4.2. Planificació i programació d'un treball futur.....	53
5. BIBLIOGRAFIA.....	55

Sumari d'imatges

Imatge 1: Graf no dirigit.....	19
Imatge 2: Graf dirigit.....	19
Imatge 3: Graf múltiple.....	19
Imatge 4: Graf pesat.....	19
Imatge 5: Xarxa regular grau promig 3.....	20
Imatge 6: Xarxa regular grau promig 5.....	20
Imatge 7: Xarxa aleatòria i la seva distribució de grau.....	20
Imatge 8: Models de xarxes regulars, Món Petit y aleatòries.....	21
Imatge 9: Columnes Vèrtex NodeXL.....	23
Imatge 10: Diferents fulls NodeXL.....	23
Imatge 11: Graf NodeXL.....	24

Imatge 12: Vèrtexs NodeXL.....	26
Imatge 13: Columnes addicionals.....	26
Imatge 14: Botó Prepare Data.....	27
Imatge 15: Representació d'un graf.....	27
Imatge 16: Opcions del graf.....	28
Imatge 17: Opció per calcular les mètriques.....	28
Imatge 18: Opció Autofill Columns.....	29
Imatge 19: Filtres dels gràfics.....	30
Imatge 20: Agregar colors als nodes.....	31
Imatge 21: Graf Real Madrid.....	32
Imatge 22: Graf FC Barcelona.....	32

Sumari de taules

Taula 1: Valoracions Real Madrid.....	34
Taula 2: Valoracions FC Barcelona.....	34
Taula 3: Resultats mesures de centralitat globals.....	46
Taula 4: Diferents opcions de pressuposts.....	48



Sumari de gràfiques

Gràfica 1: Valoracions Real Madrid.....	34
Gràfica 2: Valoracions FC Barcelona.....	34
Gràfica 3: Graus Real Madrid.....	35
Gràfica 4: Graus FC Barcelona.....	36
Gràfica 5: Graus d'entrada Real Madrid.....	37
Gràfica 6: Graus de sortida Real Madrid.....	37
Gràfica 7: Graus d'entrada FC Barcelona.....	38
Gràfica 7: Grau de sortida FC Barcelona.....	38
Gràfica 9: Coeficients de Clustering Real Madrid.....	39
Gràfica 10: Coeficients de Clustering FC Barcelona.....	39
Gràfica 11: Centralitats de Mitjana Real Madrid.....	40
Gràfica 12: Centralitats de mitjana FC Barcelona.....	41
Gràfica 13: Centralitats de proximitat Real Madrid.....	42
Gràfica 14: Centralitats de proximitat FC Barcelona.....	42
Gràfica 15: Centralitats de vector Real Madrid.....	43
Gràfica 16: Centralitats de vector FC Barcelona.....	44

1.INTRODUCCIÓ

1.1.Objecte i abast del projecte

Avui en dia, en un món ple de competències, es vol aconseguir una eficiència i un rendiment màxims dins d'un equip de treball. Per tal de poder mesurar, estudiar i veure l'evolució d'aquests paràmetres, existeixen diferents tècniques. En aquest cas s'estudiarà a partir de les Xarxes Complexes. Es pretén veure si analitzant les interaccions entre el membres d'un equip es pot obtenir el nivell d'eficiència extret de les diferents mesures que es poden mitjançant aquesta metodologia.

L'objectiu principal d'aquest projecte és aplicar les xarxes complexes per estudiar l'evolució i l'eficiència d'un equip de persones, en aquest cas concret, d'un equip de bàsquet. Com a cas d'estudi, s'analitzarà la final de la Copa del Rei 2019. S'assumeix com a hipòtesis de partida que existeix una correlació entre les diferents mesures de centralitat que es definiran més endavant (i.e., grau d'un node, coeficient de *clustering*, *betweenness*, etc.)¹ i globals (i.e., funcions de distribució de probabilitat de les mesures anteriors) utilitzades en la caracterització estructural de les xarxes complexes, i els índexs d'èxit i/o fracàs en les funcions característiques d'un determinat sistema complex. En aquest sentit, la quantificació de les interaccions entre els components del sistema (i.e., passades, tirs + rebot ofensiu / defensiu i pèrdues / recuperacions) permet la generació i estudi del graf resultant a partir de les mesures anteriorment citades i comprovar si alguna d'elles correlaciona positivament amb alguna propietat dels elements del sistema o del sistema en conjunt, obtingudes per altres vies (i.e., valoracions individuals de cada jugador per partit, victòries, derrotes, etc.).

Per tant, per a poder dur a terme el projecte, s'han plantejat un seguit d'objectius més específics:

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Centrality>

- Realitzar una anàlisi amb totes les dades extretes dels diferents partits per a arribar a unes conclusions coherents.
- Aprendre a implementar una eina per a analitzar xarxes complexes, en aquest cas NodeXL².
- Realitzar un estudi dels resultats obtinguts amb els resultats extrets de les estadístiques oficials de l'ACB, i extreure'n conclusions.
- Comprovar si els indicadors plantejats per a la recollida de dades són els correctes o si caldria fer un altre plantejament.
- Comprovar si les xarxes complexes és un mètode vàlid per a fer aquests tipus d'estudis.

1.2.Hipòtesis

Per tal d'arribar a unes conclusions un cop assolits els objectius plantejats, les hipòtesis que es presenten són les següents:

- Les Xarxes Complexes són una bona tècnica per avaluar l'evolució i el rendiment d'un grup de persones.
- Com més interaccions tingui un grup millor serà el seu resultat. És a dir, com més actiu estigui un equip, millor resultat al marcador.

² <https://www.smrfoundation.org/nodexl/>

- Com més interaccions tingui un individu, més alt serà el seu rendiment. És a dir, com més participació tingui al partit, més valoració final tindrà.
- Segons el número de passes es podrà deduir quina posició té a pista (Base, exterior o interior). Els bases de tots els equips hauran de tenir un nombre elevat d'interaccions.
- És possible que només amb els ítems que hem seleccionat (passades, tirs i rebots) no sigui suficient per obtenir una valoració real i calgui fer una anàlisi més a fons tenint en compte altres elements.

1.3.Requeriments

Per a la realització d'aquest projecte es necessiten un seguit de coneixements i requeriments previs.

1. Primer de tot, cal tenir nocions bàsiques de bàsquet de cara a l'extracció de dades dels partits i a l'estudi posterior, ja que, per a classificar les accions dins del partit és convenient saber a que correspon cada acció (i.e., rebots, pèrdues, recuperacions) i saber a quin jugador se li han d'assignar (i.e., al fer una passada el receptor perd la pilota, si no hi ha control de la bola per part d'aquest jugador, es considera pèrdua del passador). Totes aquestes consideracions són necessàries per a fer l'anàlisi perquè cal conèixer les posicions i els rols dels jugadors per a poder arribar a unes conclusions coherents amb els resultats obtinguts.
2. Un altre coneixement important és tenir nocions bàsiques d'Excel per tal de fer la manipulació de dades molt més fluida. A més, cal conèixer totes les funcionalitats i eines dels software d'anàlisi de xarxes complexes, en aquest cas, de *NodeXL*. Existeixen manuals molt útils on

s'explica pas a pas el funcionament d'aquestes eines (i.e., Analyzing Social Media Networks with NodeXL, *Derek L. Hansen, Ben Shneiderman and Marc A. Smith*³).

3. Finalment, un punt important és poder disposar dels partits en diferit, ja que recopilar les dades en directe és totalment impossible. Es poden veure a partir de plataformes gratuïtes com YouTube, encara que presenta un inconvenient, doncs potser no estan penjats aquells partits que vols. Una altre opció és contractar Movistar+, que és la televisió que té els drets i ofereix tots els partits i té l'opció de veure'ls a La Carta. Com a alternativa, es podrien gravar o mirar de trobar-los per altres webs d'Internet.

³ <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123822291/analyzing-social-media-networks-with-nodexl>

2. MARC TEÒRIC

2.1. Antecedents

Existeixen molts estudis referents a les xarxes complexes de tipus social, entre persones dins d'un mateix àmbit laboral, escolar o social (Newman M. , 2010). Molts referents a les xarxes socials (i.e., *Facebook*, *Twitter*, *Instagram*, etc.). En canvi, en l'àmbit més empresarial, de cara a conèixer les relacions entre empleats per veure com això beneficia o no el seu rendiment, no s'ha trobat cap estudi fiable. Buscant antecedents sobre el nostre cas en concret, els esport i les interaccions durant el joc, s'han recopilat diversos articles, sobretot sobre futbol, on estudien la importància de les passades, els rols de cada jugador i la fluïdesa del partit⁴. Respecte al bàsquet, s'ha trobat un article molt relacionat amb les xarxes i el que es vol fer en aquest projecte⁵. Compara diferents equips de la NBA segons diferents ítems (i.e., rebots, punts, pèrdues, recuperacions, etc.), però, no analitza cada jugador, ho fa per posicions y a més analitzar els resultats globals de l'equip tenint en compte diferents mesures de centralitat.

Per tant, s'arriba a la conclusió de que no hi ha cap estudi com el que es vol realitzar en aquest projecte, ja que, els articles estan relacionats amb equips de la NBA, no de l'ACB i el tipus d'anàlisi es diferent, perquè en aquest projecte, a més de fer una cerca dels resultats globals i per posicions, es volen comparar les valoracions individuals amb les oficials, per veure si tenen sentit i es corresponen i veure com d'important és un jugador i quin rol té dins del grup.

⁴ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01900/full>

⁵ <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0047445>

2.2. Estat de l'art

Una xarxa complexa és una xarxa que té certes propietats estadístiques i topològiques no trivials que no succeeixen en xarxes simples.⁶ Aquestes es representen mitjançant grafs, formats estructuralment per nodes (vèrtexs) connectats per enllaços (arestes).

Existeixen tres grans classificacions de xarxes segons la seva naturalesa:

- **Xarxes socials:** Són aquelles en les que les connexions esdevenen entre persones, les quals estan lligades entre si per algun tipus de relació o aspecte en comú.
- **Xarxes biològiques:** Són aquelles en les que presenten interaccions entre organismes i que poden causar algun tipus de interacció (i.e., depredador, presa) al interactuar.
- **Xarxes tecnològiques:** Són aquelles en les que les connexions entre diferents aparells informàtics connectats per mitjà de cables, senyals, etc., i que comparteixen informació, recursos i serveis.

2.2.1. Teoria de grafs

La teoria de grafs és la branca de les matemàtiques discretes que estudia les xarxes complexes⁷. Com s'ha comentat abans que els grafs estan formats per vèrtexs i arestes. Entenem com a vèrtexs o nodes aquells elements dels quals estem estudiant la seva relació amb altres. I les arestes són les connexions que apareixen quan dos ítems interactuen o reaccionen d'alguna manera un amb l'altre.

⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Red_compleja

⁷ https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_grafos

2.2.1.1 Caracterització de les xarxes

La topologia de les xarxes es pot caracteritzar per mesures estructurals que permeten definir com de central (això és, important en algun sentit) és un determinat node. Així mateix, la signatura estadística, això és global, d'alguna d'aquestes mesures (en forma, per exemple, de distribució de probabilitat), també pot ajudar a caracteritzar la topologia d'una xarxa i a comparar la seva estructura amb d'altres xarxes.

D'entre les moltes mesures de centralitat i globals existents, en aquest treball s'utilitzaran les següents:

2.2.1.1.1. Mesures de centralitat i globals

- **Grau:** El grau d'un node es defineix com el número total de les seves connexions.
- **Grau promig:** Mitjana del nombre d'arestes connectades a un vèrtex.

$$\langle k \rangle = 2 \frac{m}{n} \quad (6.1)$$

On m és el nombre d'arestes i n el nombre de nodes de la xarxa.

- **Distribució de grau:** és la probabilitat de que un node seleccionat al atzar tingui exactament k connexions. Existeixen diverses distribucions de grau segons les seves tipologies, les més característiques són:

- Topologia de Poisson:

$$P(k) = e^{\langle k \rangle - \frac{\langle k \rangle^k}{k!}} \quad (6.2)$$

On k és el grau i $\langle k \rangle$ el grau promig

- Topologia exponencial:

$$P(k) = Ce^{-\alpha k} \quad (6.3)$$

On C és una constant i α un paràmetre on $\alpha > 0$

- Topologia de lliure escala:

$$P(k) = Ck^{-\gamma} \quad (6.4)$$

On C és una constant i γ un paràmetre on $2 < \gamma < 3$

- **Camí geodèsic:** és el camí més curt entre dos vèrtexs qualsevols.
- **Diàmetre:** és el camí geodèsic màxim entre dos vèrtexs d'una xarxa.
- **Coefficient d'agrupament o *Clustering*:** proporció mitja de parells de veïns d'un node que també són veïns entre si⁸. Un gran valor de clustering, correspon amb un vèrtex molt agrupat a la xarxa.

$$C_i = \frac{|\{E_j\}|}{k_i(k_i - 1)} \quad (6.5)$$

On E_j és el número d'enllaços i k_i el número de nodes veïns.

Un cop representada una xarxa, es poden extreure diferents mètriques que ajuden a entendre com es aquest conjunt d'elements i com interactuen entre ells, a més de, veure quins són els punts forts i dèbils, quins nodes interactuen més que d'altres, entre d'altres característiques. Existeixen dos classes de mesures:

⁸ <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=80>

- **Mesures de xarxes agregades⁹:**

- **Densitat:** és la mesura que ens diu el nivell d'interconnexió que hi ha entre els vèrtexs. És el càlcul del nombre de relacions entre el nombre total de relacions possibles. Amb aquesta mesura es pot detectar com de cohesionat i solidari es aquell membre del grup.
- **Centralització:** és la mesura que caracteritza la quantitat a la qual la xarxa es centra en un més nodes importants.

- **Mesures de centralitat:**

Les mesures de centralitat indiquen la importància d'un vèrtex dins d'una xarxa.

- **Centralitat de grau:** és la suma del número d'enllaços que conté un node amb els altres. Si el graf és dirigit, es poden calcular dues mesures de centralitat de grau; grau d'entrada (*In-degree*) i grau de sortida (*Out-degree*) que són el nombre de connexions que apunten cap a un vèrtex destí i cap a un vèrtex origen respectivament.

$$k_i^{in} = \sum_j E_{ji} \quad (6.6)$$

$$k_i^{out} = \sum_j E_{ij} \quad (6.7)$$

$$k_i = \sum_j E_{ij} \quad (6.8)$$

On E_{ij} és el número d'enllaços

⁹ Chapter-3---Social-Network-Analysis--Measuring--M_2011_Analyzing-Social-Medi.

- **Centralitat d'entorn (Betweenness Centrality):** calcula el nombre de vegades que un node actua com a connexió en el camí més curt entre diferents nodes. És a dir, és un node el qual serveix de connexió d'altres el nombroses ocasions.

$$\beta_r = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{\substack{j \neq p \\ j \neq r \neq p}} \frac{\varsigma(j, p|r)}{\varsigma(j, p)} \quad (6.9)$$

Sent $\varsigma(j, p)$ el número de camins geodèsics entre els nodes j i p i n el nombre de nodes de la xarxa.

- **Centralitat de proximitat (Closeness Centrality):** és la longitud mitjana del camí més curt entre un node i tots el altres nodes del graf. És a dir, indica la distància mitjana més curta entre nodes.

$$ClC_i = \frac{1}{\frac{1}{n-1} \sum_j d_{ij}} = \frac{n-1}{\sum_j d_{ij}} \quad (6.10)$$

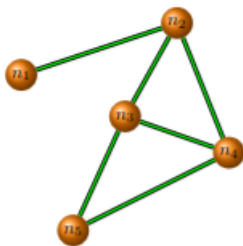
On d_{ij} és la distància entre nodes i i j i n el nombre de nodes de la xarxa

- **Centralitat de vector (Eigenvector Centrality):** calcula la influència que té un node en una xarxa. Una centralitat alta indica que aquest node està connectat amb altres que també tenen un resultat alt. Per tant, indica com d'important és aquell node en la xarxa ja que és un dels nuclis de les connexions.

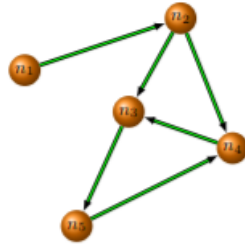
2.2.1.1.2. Grafs

Tipus de grafs segons les seves arestes:

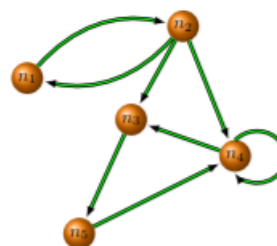
- **Graf no dirigits (unidireccionals):** les connexions no tenen cap direcció, únicament lliguen els nodes entre si.
- **Graf dirigits (direccionals):** les connexions tenen un node origen i un node destí.
- **Graf múltiple:** grafs on els nodes poden tenir més d'una connexió entre ells o entre ell mateix.
- **Grafs pesat:** les connexions tenen un pes (normalment representat en forma de grossor) segons el nombre d'interaccions que té amb un altre node.



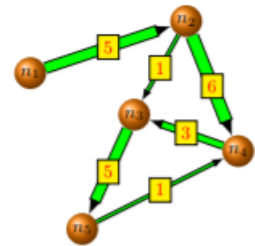
Imatge 1: Graf no dirigit



Imatge 2: Graf dirigit



Imatge 3: Graf múltiple



Imatge 4: Graf pesat

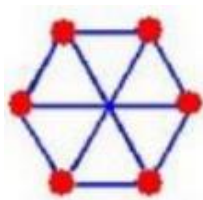
Tipus de grafs segons els seus nodes:

- **Graf Unimodal:** Són aquells on únicament existeix un tipus de vèrtex. Per exemple, una xarxa formada exclusivament per persones.
- **Graf Multimodal:** Són aquells que estan formats per diferents tipus de vèrtexs, com per exemple, una xarxa on es connecten persones amb associacions.

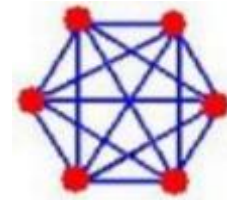
2.2.1.1.3. Models de xarxes complexes

Per a poder analitzar i comparar xarxes reals, s'han desenvolupat uns models matemàtics de les xarxes que proporcionen una tipologia amb una sèrie de propietats estadístiques semblants a les reals, per tal d'aplicar diversos mètodes per analitzar xarxes amb comportaments semblant.

- **Xarxes regulars:** són aquelles en les que tots els nodes tenen el mateix grau. Estan caracteritzades per tenir un alt Coeficient de *Clustering* i un camí geodèsic llarg.

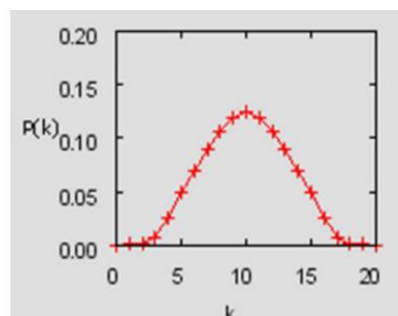
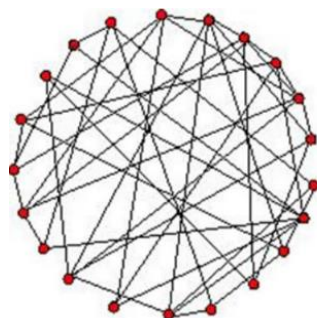


Imatge 5: Xarxa regular de grau promig 3



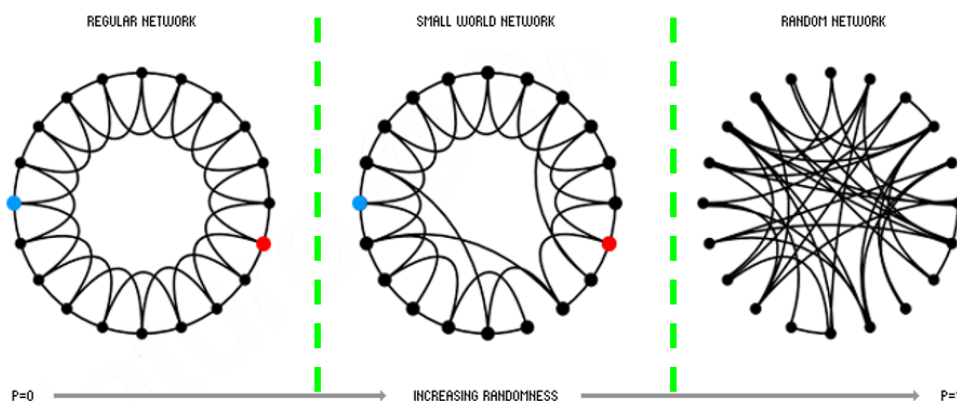
Imatge 6: Xarxa regular de grau promig 5

- **Xarxes aleatòries:** són aquelles on el grau del nodes no ha de perquè ser el mateix.



Imatge 7: Xarxa aleatòria i la seva distribució de grau

- **Xarxes de Món Petit:** són aquelles xarxes que estan situades entre un model regular i un aleatori. Una de les característiques principal és que la funció de distribució de graus presenta un màxim en el valor promig del grau y va decreixent exponencialment, com en les xarxes aleatòries. Això el que demostra es que casi tots el nodes tenen el mateix número de connexions.



Imatge 8: Models de xarxes regulars, Món Petit y aleatòries

2.2.2. Eines per a la representació i l'anàlisi de xarxes

Per poder representar les xarxes d'una manera senzilla i obtenir les propietats i mètriques esmentades abans, existeixen programes y softwares que ho fan de manera molt ràpida i eficaç.

Aquests softwares permeten introduir les dades en forma de dues columnes d'Excel on estan representades les connexions entre nodes i dibuixen de manera automàtica el graf d'aquella xarxa. A més a més, tenen l'opció de seleccionar quines propietats i mesures de centralitat es volen calcular.

Alguns exemples són:

- *Analyst's Note Book* de IBM i²¹⁰
- *Maltego* de Paterva¹¹
- *NodeXL*¹²
- *Gephi*¹³

En aquest cas, per realitzar el nostre anàlisi s'emprarà l'eina *NodeXL*, ja que és de codi obert per a Microsoft Excel, és molt intuïtiu i fàcil d'utilitzar. A més d'això, disposa de moltes eines per manipular els gràfics per poder deixar-los de la manera que millor convingui.

2.2.2.1. NodeXL

És un paquet de software d'anàlisi i visualització de xarxes de codi obert per Microsoft Excel¹⁴. Existeix una versió PRO, la qual no és oberta, que conté totes les funcions i incorpora accessos a grans dades de xarxes socials, mètriques de xarxes avançades i automatització.

¹⁰ <https://www.ibm.com/es-es/marketplace/analysts-notebook>

¹¹ <https://www.paterva.com/web7/>

¹² <https://nodexl.com/>

¹³ <https://gephi.org/>

¹⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/NodeXL>

2.2.2.1.1. Importació de dades

Dins de *NodeXL* hi ha diverses maneres d'importar les dades, es poden importar fitxers UCINet i GraphML, fulls de càlcul d'Excel i recopilar dades de Twitter, correu electrònic o Youtube. Altrament, es poden introduir manualment omplint les dues columnes de vèrtexs.

	A	B
1		
2	Vertex 1 ▾	Vertex 2 ▾
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Imatge 9: Columnes Vèrtex NodeXL

2.2.2.1.2. Representació de dades

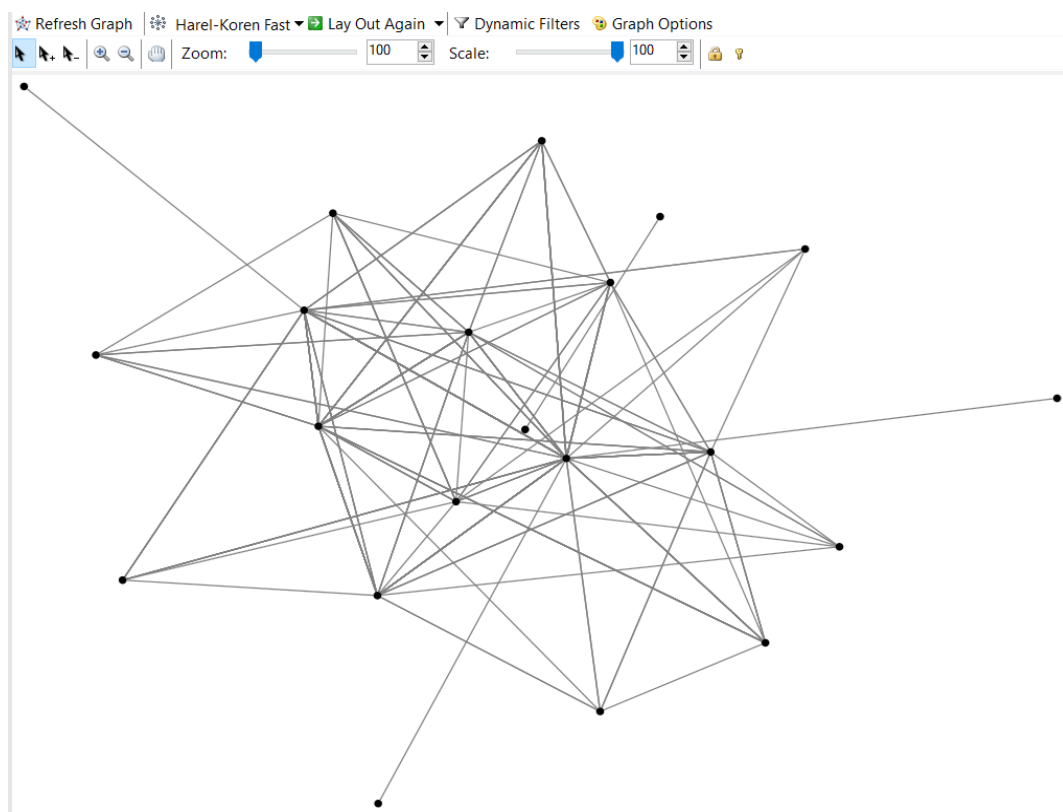
Les dades es representen en 4 fulls de l'Excel separats per diferents categories (edges, vèrtexs, grups, grups de vèrtexs i mètriques generals) i dins de cada categoria estan totes les característiques de cadascun, també es poden afegir propietats.

Edges	Vertices	Groups	Group Vertices	Overall Metrics	⊕
--------------	----------	--------	----------------	-----------------	---

Imatge 10: Diferents fulls NodeXL

2.2.2.1.3. Visualització dels grafs

Els grafs es generen en una finestra a part. Permet triar diferents algoritmes per representar-ne la distribució del nodes. Es poden modificar les mides, les formes i els colors tant de les arestes com dels nodes en conjunt o segons les mètriques calculades i permet filtrar les dades a mostrar.



Imatge 11: Graf NodeXL

3. Resultats

3.1. Plantejament

Al començament, aquest projecte es va plantejar com l'anàlisi de tots els partits de la Copa ACB 2019 per analitzar l'evolució i el rendiment durant la competició. Però es va veure que això comportava un pes molt gran de treball ja que és una competició formada per 7 partits i només en extreure les dades es necessiten 4 hores per partit, 28 hores en total al les que s'ha d'afegir tot l'anàlisi individual i global. Per aquest motiu es va decidir centrar l'estudi únicament en el partit final ja que és suficient per assolir els objectius plantejats i verificar les hipòtesis.

Per aquest tipus d'anàlisi amb xarxes complexes són necessaris dos nodes que connectin, per tant, s'han establert una sèrie d'accions d'atac i defensa on intervenen dos jugador o un jugador i una acció:

- Passades (Jugador - Jugador) → P
- Tir (Jugador – Tir):
 - Sí el tir és de 2 → T2
 - Si el tir és de 3 → T3
 - Si és un tir lliure → TL
 - Si és un tir errat → T0
- Rebot (Jugador - Rebot):
 - Si és defensiu → RD
 - Si és ofensiu RO
- Pilotes perdudes/recuperades (Jugador – Pèrdua/Recuperació):
 - Si és pèrdua → BP
 - Si és recuperació → BR

A més d'aquestes accions, també es numeraran els atacs i els quarts de cara a poder filtrar com exitosos i fallits i comparar els resultats.

Un cop recollides totes les dades, es procedirà a l'estudi comparant les valoracions oficials amb diverses mesures de centralitat a nivell individual i d'equip. Es compararan aquells atacs que han finalitzat amb cistella amb aquells on han perdut la possessió de pilota i, per acabar, els resultats quart a quart.

3.2.Procediment per a la representació i estudi de les dades

Per a la representació de les dades recopilades i per al seu posterior anàlisi en NodeXL, s'han dut a terme uns procediments per introduir-les i representar-les d'una manera molt visual i clarificadora.

1. Agreguem les dades corresponents a les connexions extrets de cada acció del partit als vèrtexs corresponents. Afegim com a columnes addicionals el número d'atac i el tipus d'acció de cara a poder filtrar, si fos necessari, per realitzar un anàlisi més minuciós (i.e., atacs exitosos i atacs fallits).

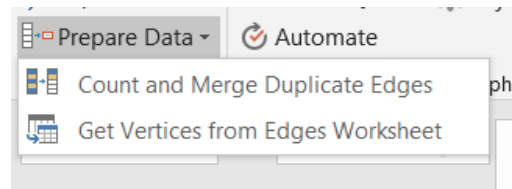
Vertex 1 ▾	Vertex 2 ▾
6,00	3,00
6,00	5,00
5,00	44,00
44,00	3,00
44,00	T2
3,00	5,00
30,00	T3
3,00	30,00
3,00	BP
6,00	REB

Imatge 12: Vèrtexs NodeXL

Tipus d'acció ▾	# Atac ▾
P	1
P	1
P	1
P	1
T2	1
P	1
T3	2
P	2
BP	3
RO	4

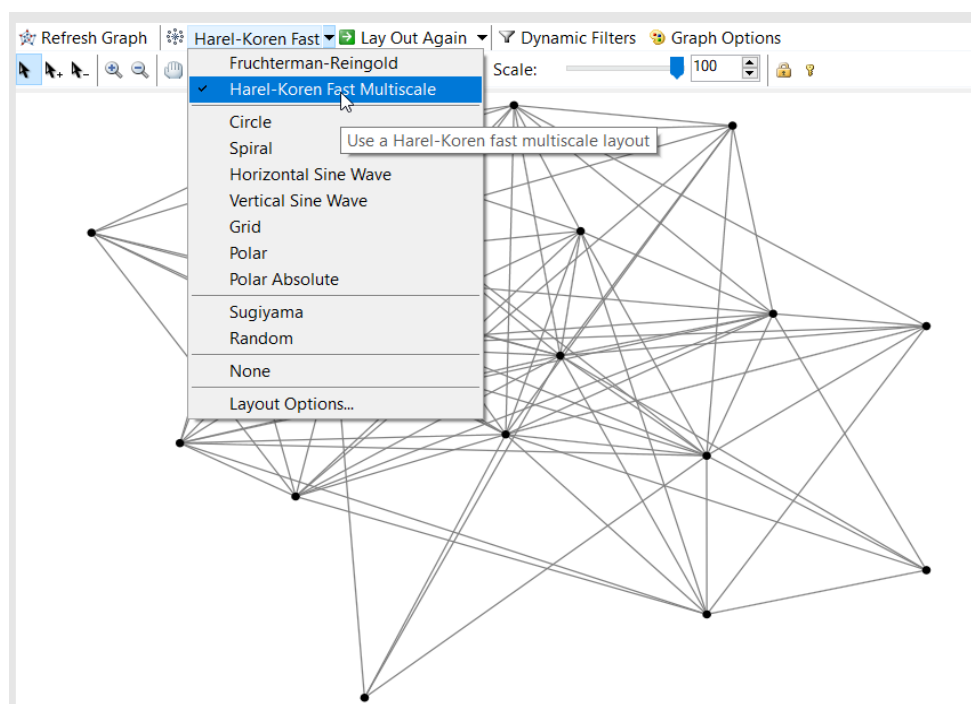
Imatge 13: Columnes addicionals

2. En la secció de NodeXL existeix l'opció de *Prepare Data* que permet comptar i combinar les diferents interaccions. La seleccionem i obtenim les diverses connexions i els pes de cada aresta.



Imatge 12: Botó *Prepare Data*

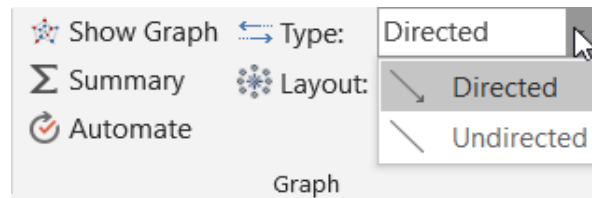
3. Un cop preparada totes les dades, seleccionarem la presentació gràfica del graf. Seguidament, escollim que el representi amb el mode *Harel-Koren Fast Multiscale*¹⁵. L'algorisme Harel-Koren és un algorisme *force-directed*, això és un algorisme que transforma les arestes en vectors de tipus força per a minimitzar els creuaments entre les mateixes. Això fa que el graf sigui més agradable a la vista, espaiós i llegible.



Imatge 15: Representació d'un graf

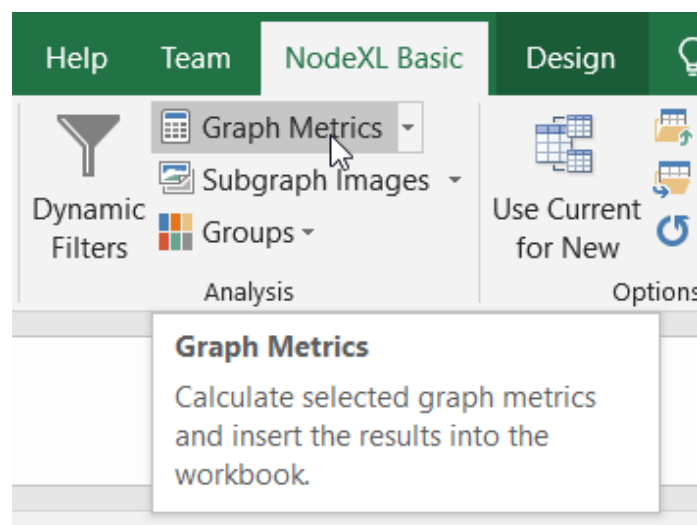
¹⁵ <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.19.1229&rep=rep1&type=pdf>

4. En aquest cas, els grafs que representarem seran dirigits. Per tant, escollim l'opció de que ens dibuixi les direccions en les arestes i així poder calcular posteriorment els graus d'entrada (an., *in-degree*) i de sortida (an., *out-degree*).



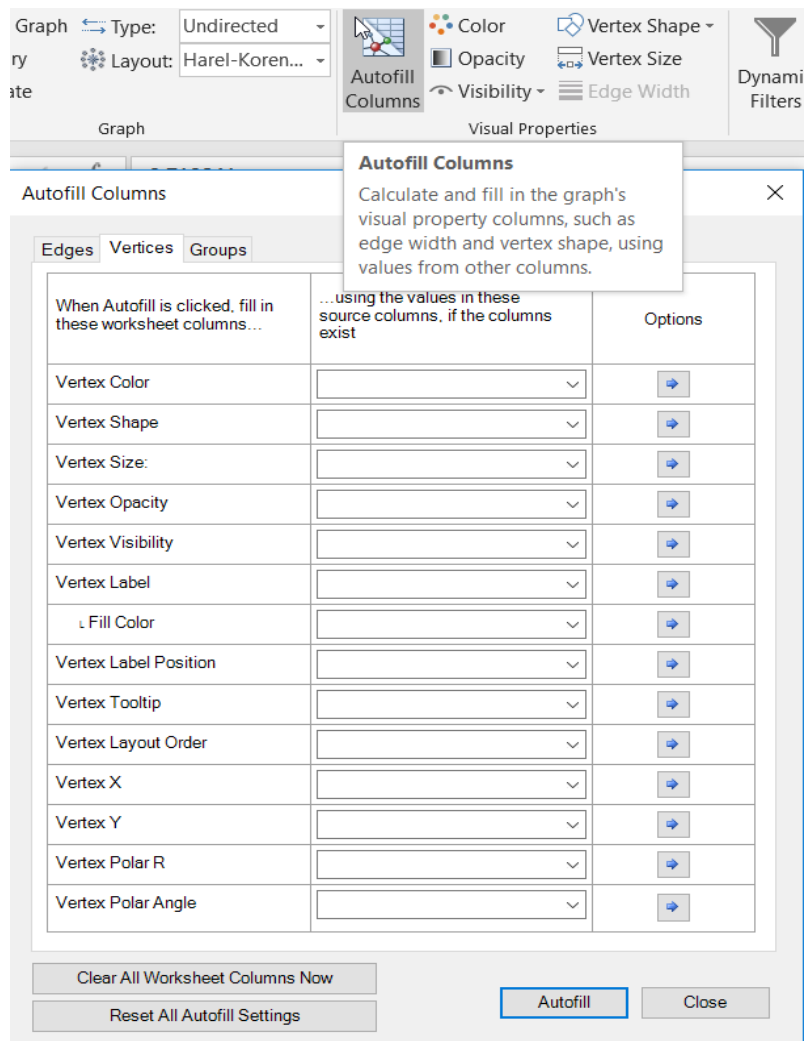
Imatge 16: Opcions del graf

5. Per tal d'obtenir les diferents mètriques, seleccionem l'opció *Graph metrics*. Si es volen adquirir les mètriques per diferents filtres (i.e., número d'atac o tipus d'acció), un cop aplicat el filtre cal tornar a seleccionar aquesta opció per a que realitzi el càlcul de nou. A continuació, s'ompliran totes les caselles de mètriques en el full de càlcul *Vertices* i les mètriques globals en el full *Overall Metrics*.



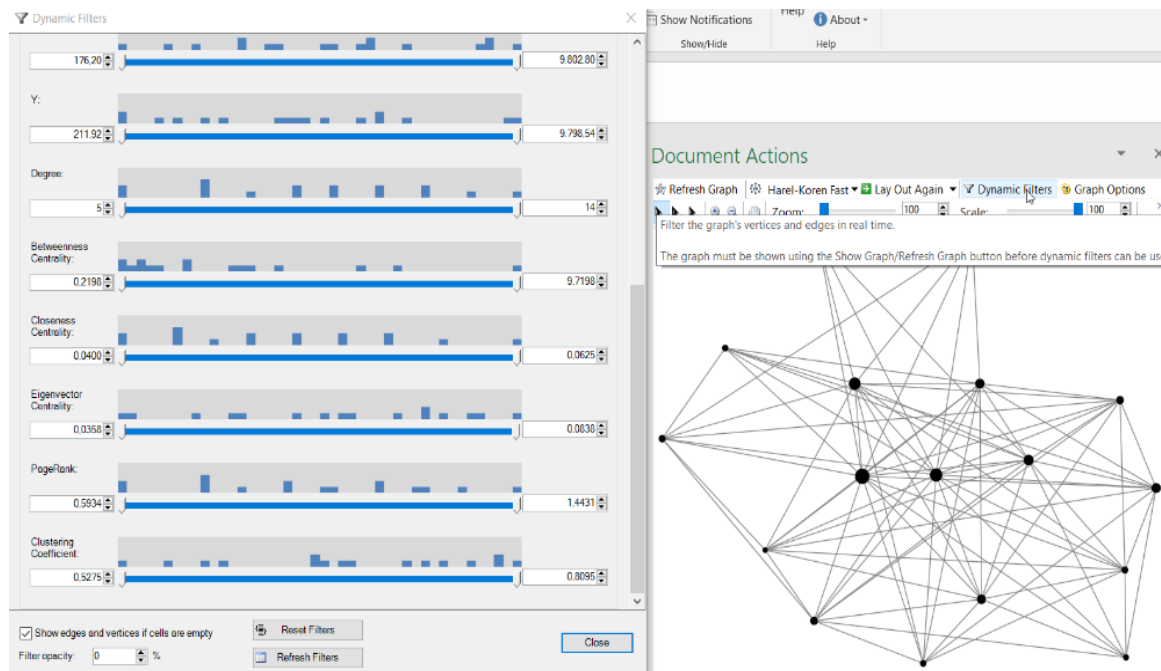
Imatge 13: Opció per calcular les mètriques

6. Existeix l'opció *Autofill Columns* la qual permet representar el gràfic d'un mode més perceptiu (i.e., assignar una mida més gran a aquells nodes o arestes filtrant per els valors de les mètriques calculades). En el nostre cas, donem més volum a aquells nodes amb major *Eigenvector Centrality* ja que, com s'ha comentat anteriorment, és una dada que mostra la influència dels nodes en una xarxa. Per això la fem més visible, per reconèixer de manera immediata els jugadors més influents.



Imatge 14: Opció Autofill Columns

7. NodeXL també permet l'opció de filtrar per valors les dades que es volen mostrar als gràfics. Es pot eliminar aquella informació que no sigui necessària i així només visualitzar els valors rellevants seleccionats a partir de les escales de valors existents.

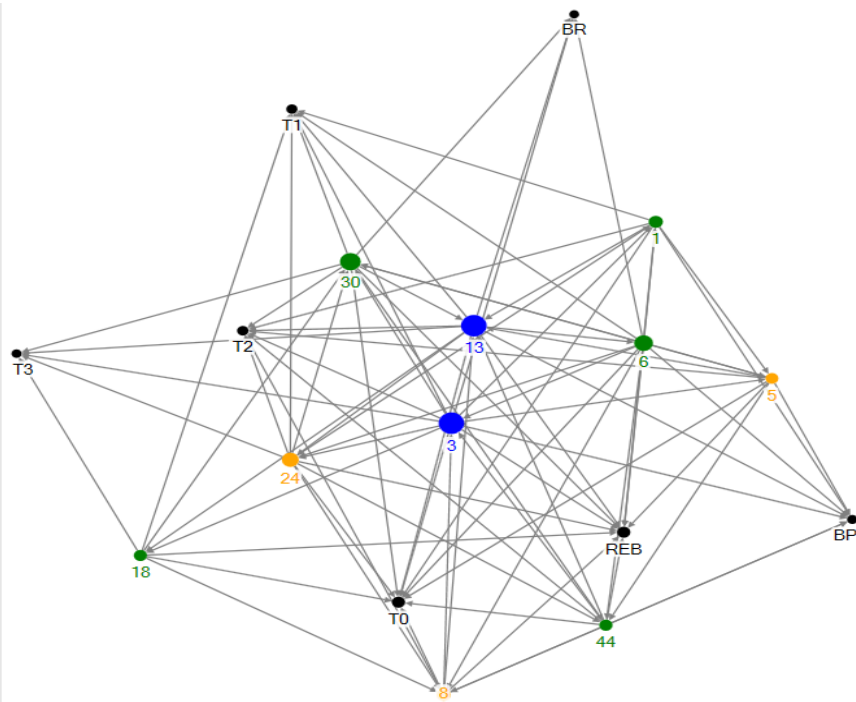


Imatge 15: Filtres dels gràfics

8. Existeix l'alternativa de modificar els colors dels nodes. En el nostre cas, és una eina molt útil per a diferenciar els jugadors per posicions. Hem escollit la següent bateria de colors per a les següents posicions:

- Bases → **Blau**
- Exteriors (aler i escolta) → **Taronja**
- Interiors (pivot i ala-pivot) → **Verd**

A	B	C
Visual Properties		
Vertex	Color	Shape
1	Green	
3	Blue	
5	Orange	
6	Green	
8	Orange	
13	Blue	
18	Green	
24	Orange	
30	Green	
44	Green	
BP		
BR		
REB		
T0		
T1		
T2		
T3		

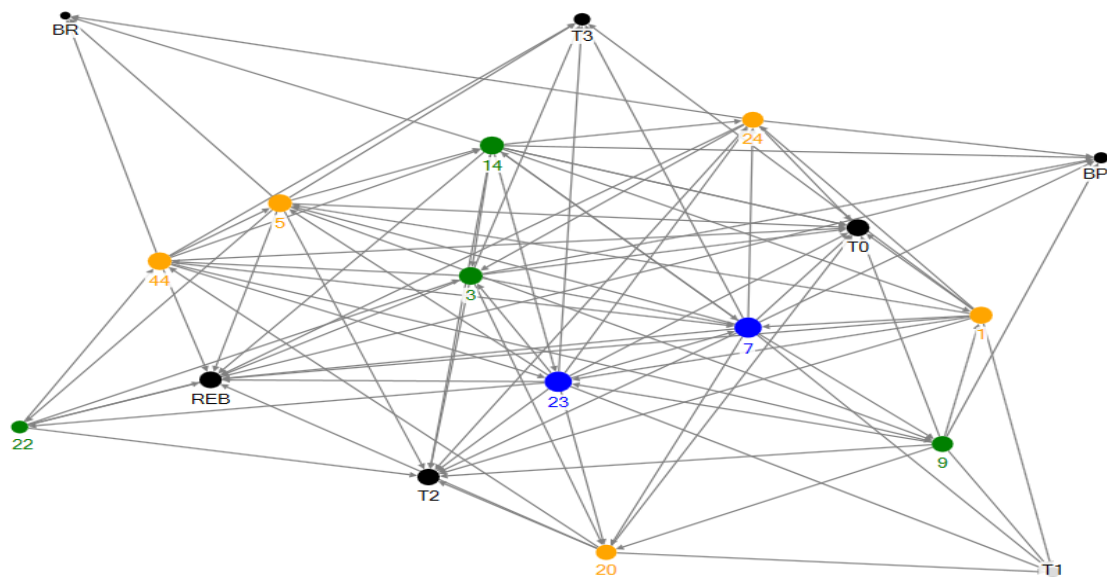


Imatge 20: Agregar colors als nodes

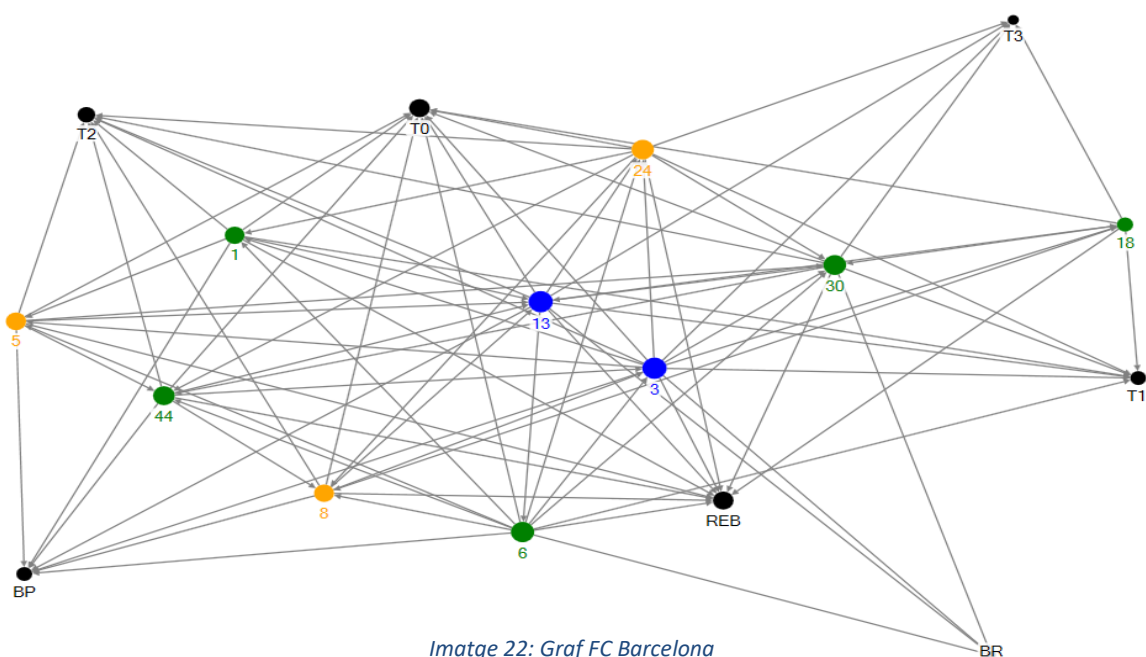
3.3. Anàlisis dels resultats

Una vegada completats els procediments anteriors per a cadascun dels equips, comencem a realitzar l'estudi de les dades obtingudes.

Els dos grafs resultants són els següents:



Imatge 21: Graf Real Madrid



Imatge 22: Graf FC Barcelona

Els colors dels nodes corresponen a les següents posicions:

- Bases → **Blau**
- Exteriors (aler i escolta) → **Taronja**
- Interiors (pivot i ala-pivot) → **Verd**

Com es va comentar en el punt anterior, el volum dels nodes està relacionat amb la *Eigenvector Centrality*, s'ha escollit aquesta mesura de centralitat, ja que, com s'ha exposat anteriorment, indica com d'important és aquell node a la xarxa perquè intervé en la majoria dels enllaços, és a dir, si presenta major volum voldrà dir que és més influent i més participatiu el jugador.

En els dos casos, s'observa que els nodes amb major influència corresponen a aquells jugadors que tenen el rol de base. És un resultat esperat, ja que són els que dirigeixen i reparteixen el joc i, en quasi totes les jugades, ells són el punt de partida.

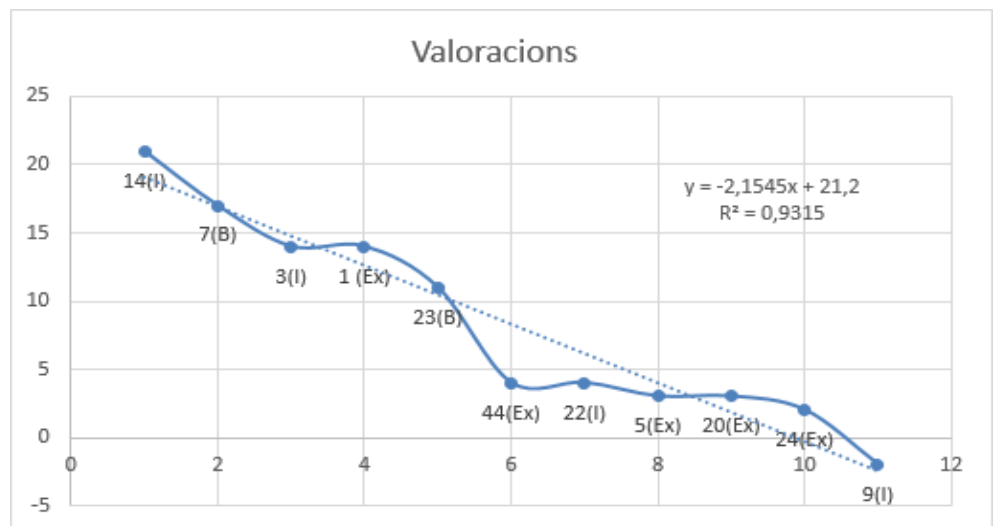
Un cop visualitzats els gràfics, procedim a analitzar detingudament els resultats del càlcul de les mètriques, comparant-los amb els resultats de les valoracions oficials de les estadístiques de l'ACB¹⁶. Per a tots els gràfics, l'eix de les abscisses mostra la ordenació dels jugadors per valoració decreixent però amb distància normalitzada (i.e., sense tenir en compte el pes real de la valoració) per tal de poder obtenir resultats comparables entre les mesures de centralitat. L'eix d'ordenades reflecteix la mesura de centralitat en qüestió.

¹⁶ <http://www.acb.com/fichas/CREY83007.php>

Les valoracions de ambdós equips són les següents:

Dorsals	Valoracions
14 (I)	21
7(B)	17
1(E)	14
3(I)	14
23(B)	11
22(I)	4
44(E)	4
5(E)	3
20(E)	3
24(E)	2
9(I)	-2

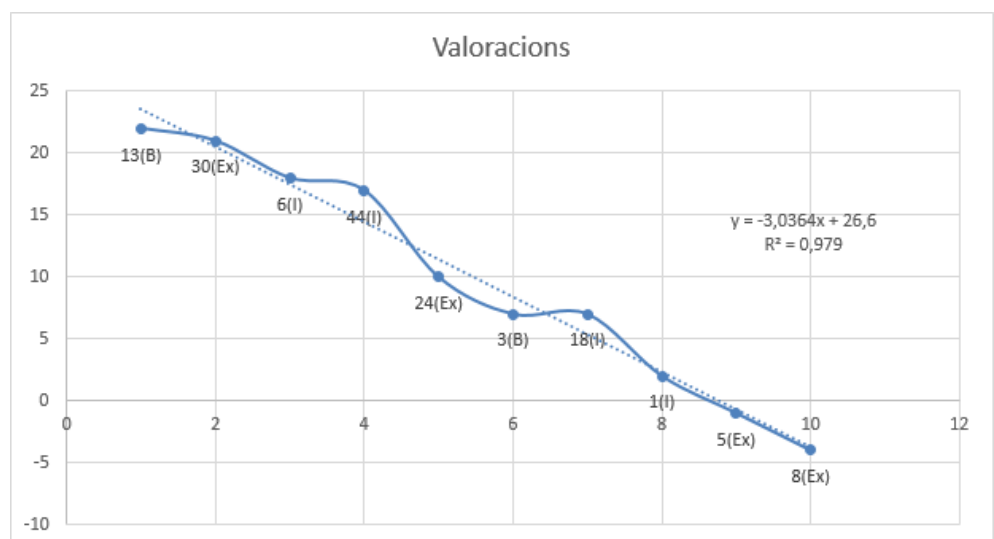
Taula 1: Valoracions Real Madrid



Gràfica 1: Valoracions Real Madrid

Dorsals	Valoracions
13(B)	22
30(E)	21
6(I)	18
44(I)	17
24(E)	10
3(B)	7
18(I)	7
1(I)	2
5(E)	-1
8(E)	-4

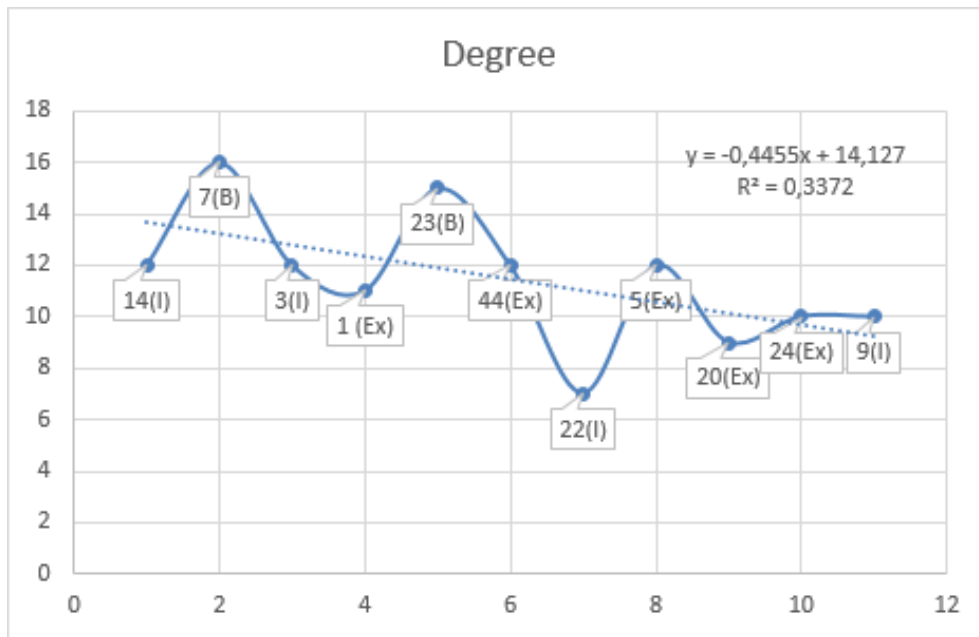
Taula 2: Valoracions FC Barcelona



Gràfica 2: Valoracions FC Barcelona

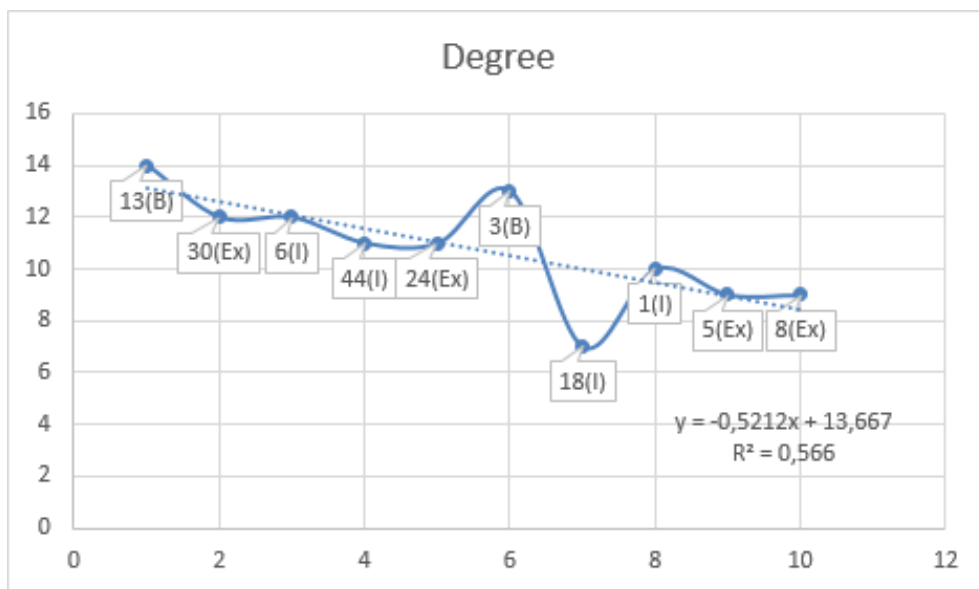
- **Grau (degree):**

Considerant la gràfica de valoracions del Real Madrid y la de grau, veiem que es distingeix en alguns punts. Això és degut a que dos dels pics que existeixen (número 7 i número 23), corresponen als dos bases de l'equip. Això vol dir que el seu nombre d'interaccions és elevat. Respecte al número 22, el seu baix grau és degut als pocs minuts que va disputar.



Gràfica 3: Graus Real Madrid

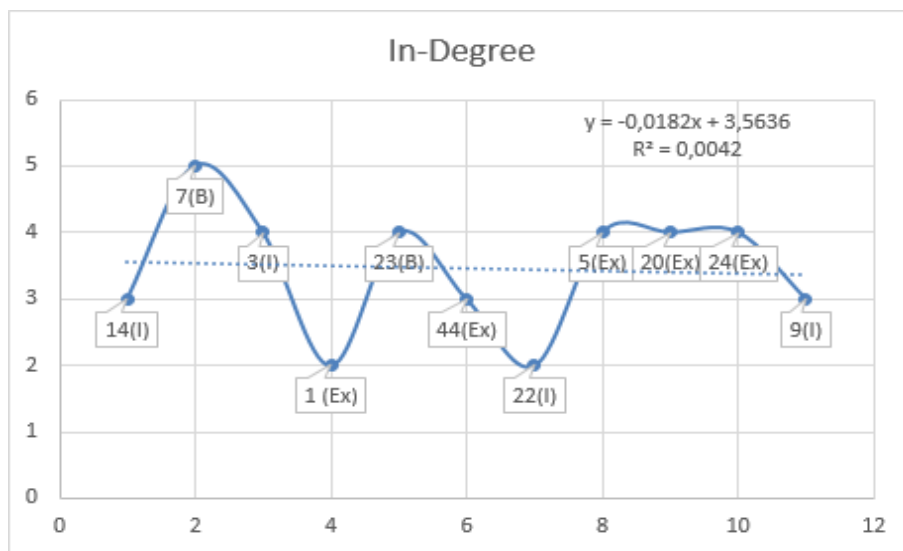
Comparant la gràfica de valoracions del FC Barcelona amb la de grau, descobrim que presenten un comportament similar excepte en dos punts. El jugador número 3, és degut a que és un dels bases i per tant, encara que la seva valoració sigui baixa, té una participació alta. En l'altre cas, una de les causes podria ser que, encara que tingui una valoració alta, els minuts de joc són pocs. Això vols dir que la majoria de les seves interaccions, encara que siguin poques, han sigut satisfactòries.



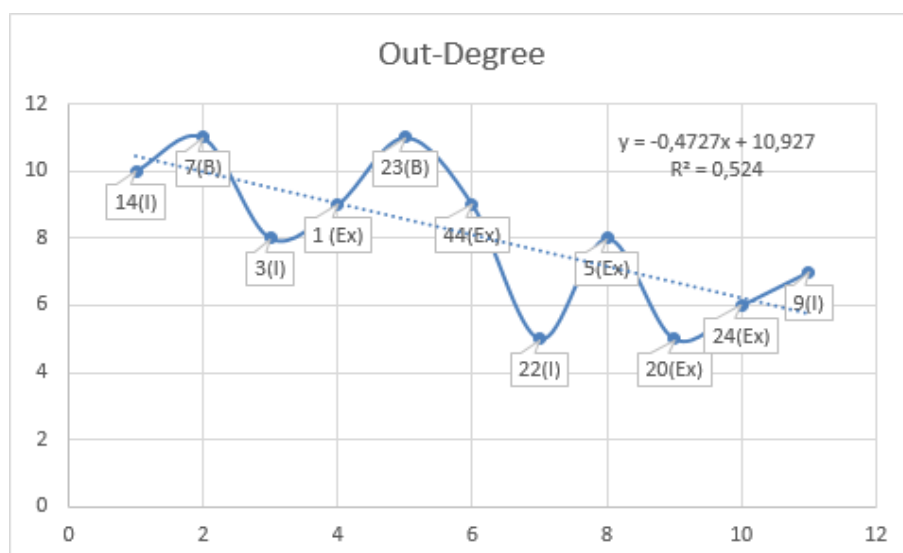
Gràfica 4: Graus FC Barcelona

- **Grau d'entrada i de sortida (in-degree i out-degree):**

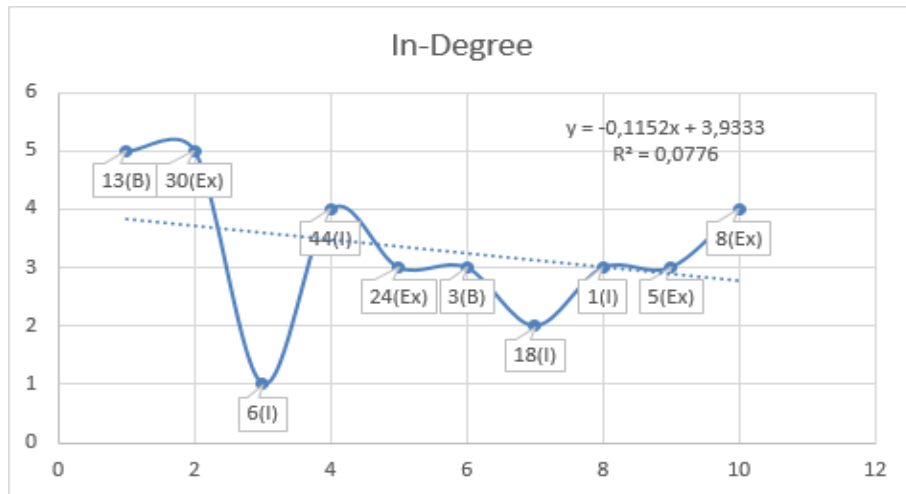
En ambdues gràfiques del equip, els graus d'entrada i de sortida no es correlacionen amb les valoracions. No obstant, és un resultat coherent ja que únicament descriu si aquell node és l'origen o el destí de la interacció.



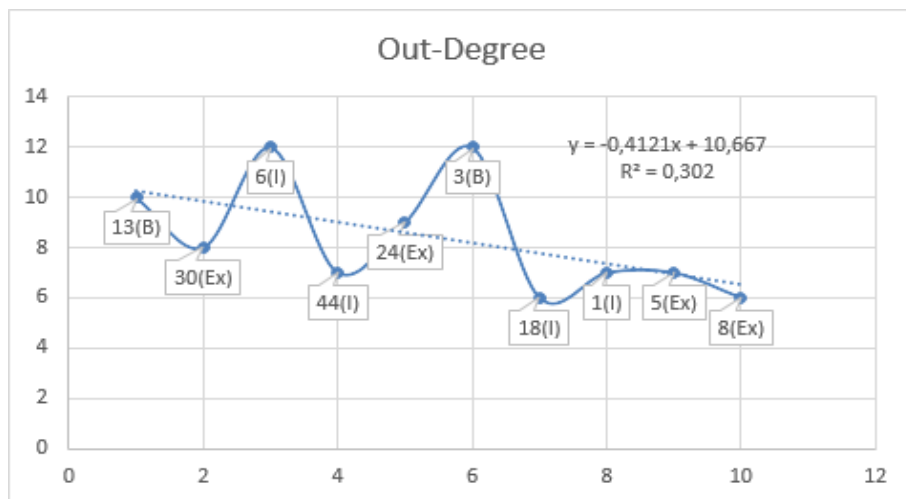
Gràfica 5: Graus d'entrada Real Madrid



Gràfica 6: Graus de sortida Real Madrid



Gràfica 5: Graus d'entrada FC Barcelona

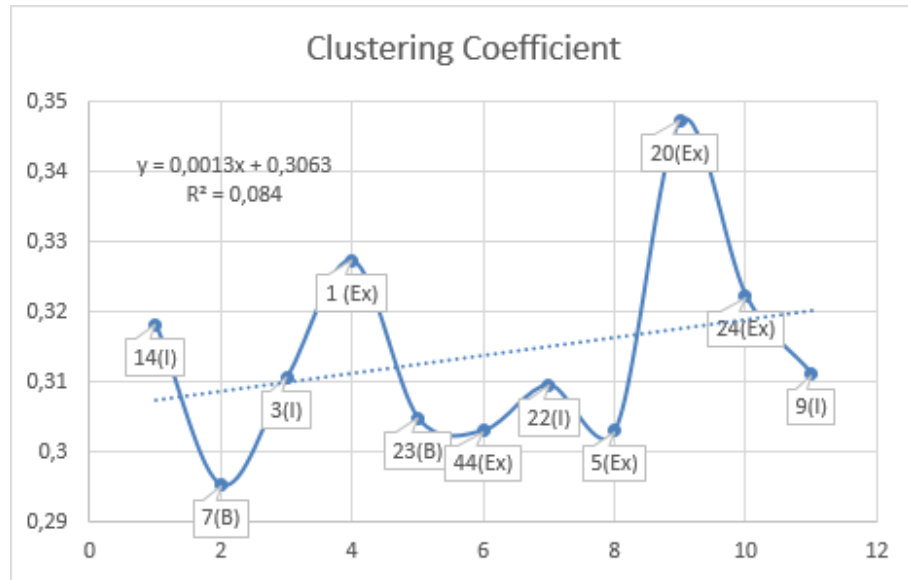


Gràfica 8: Graus de sortida FC Barcelona

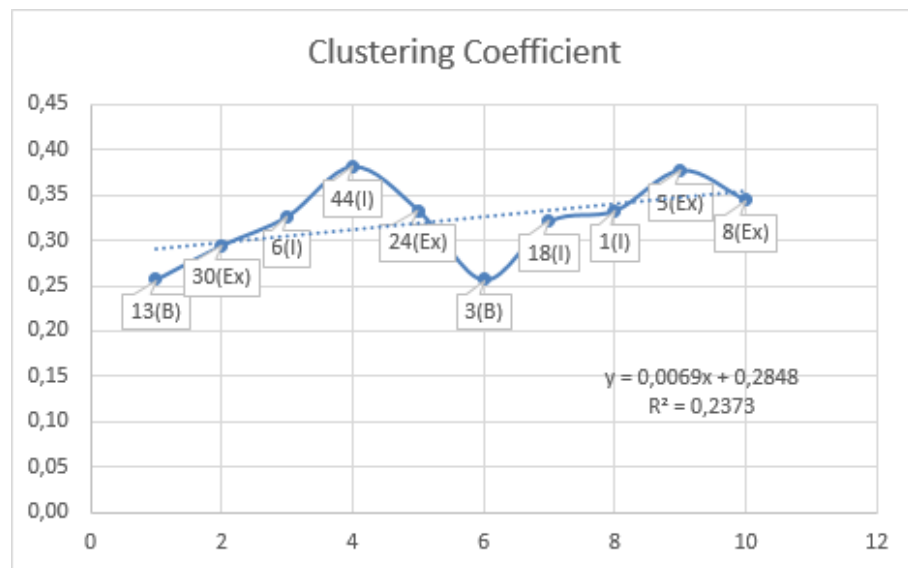
- **Coeficient de Clustering (Clustering Coefficient):**

En el coeficient d'agrupació, contemplem un comportament invers. En el cas de FC Barcelona, és molt més clar i lineal. En canvi, el del Real Madrid és un gràfic més dispers, però si que s'observa que els punts que eren punts màxims en el gràfic de grau, ara son mínims i viceversa. Això és degut a que els elements amb un grau més gran tindran un Coeficient de *Clustering* més petit, ja que, com s'ha definit anteriorment, el coeficient és la proporció entre el número

d'enllaços que existeixen entre els seus nodes pròxims i la quantitat màxima possible, això és triangles existents en el graf. Per tant, com més gran sigui el grau d'aquell node, s'estarà dividint per un número major de nodes que donarà un resultat inversament proporcional.



Gràfica 9: Coeficients de Clustering Real Madrid

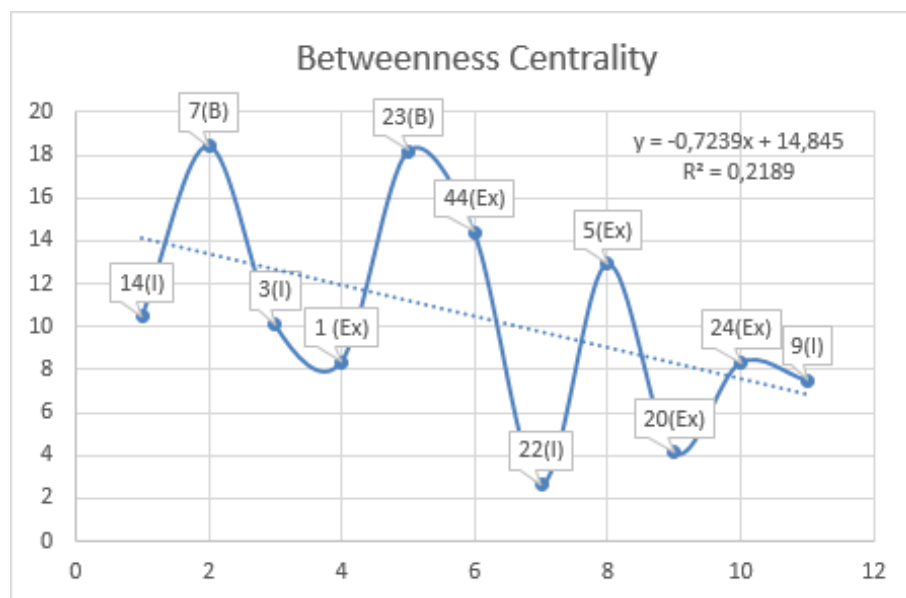


Gràfica 10: Coeficients de Clustering FC Barcelona

- **Centralitat de mitjania (*Betweenness Centrality*):**

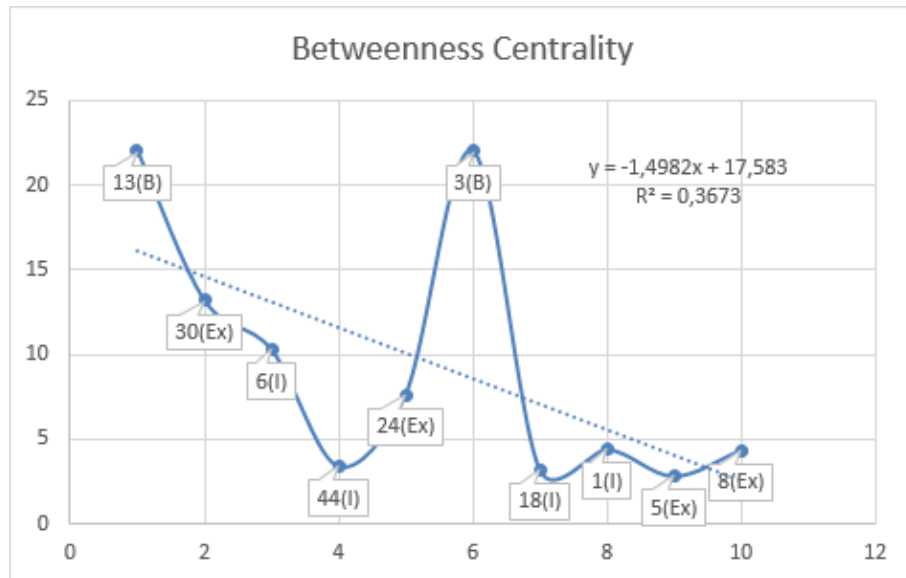
La representació d'aquesta mesura de centralitat per part de l'equip de l'equip blanc manifesta molts extrems relatius i no segueix una linealitat com en el cas de l'equip rival. Aprofundint en el primer gràfic, observem que el pics més alts són els que corresponen als dos bases de l'equip, com ja ha succeït en altres casos. Els jugadors que tenen una valoració més alta, però per contra, tenen una centralitat de mitjania baixa, vol dir que durant el

partit no han contribuït en el joc col·lectiu, però els seus percentatges d'encert són elevats (i.e., jugador 1: 14 punts, jugador 3: 16 punts). Respecte als jugador 44 i 5, és el cas invers, han participat activament en el joc, però sense gaire èxit. Els dos mínims més significatius que existeixen, corresponen, com s'ha indicat anteriorment, a jugadors amb pocs minuts disputats.



Gràfica 11: Centralitats de Mitjania Real Madrid

En referència al FC Barcelona, presenta una linealitat descendent, excel·lent el número 3, que correspon amb un jugador que la seva posició és la de base. Això vol dir que, en aquest cas, els jugadors amb més valoracions són els que han tingut més intervencions.

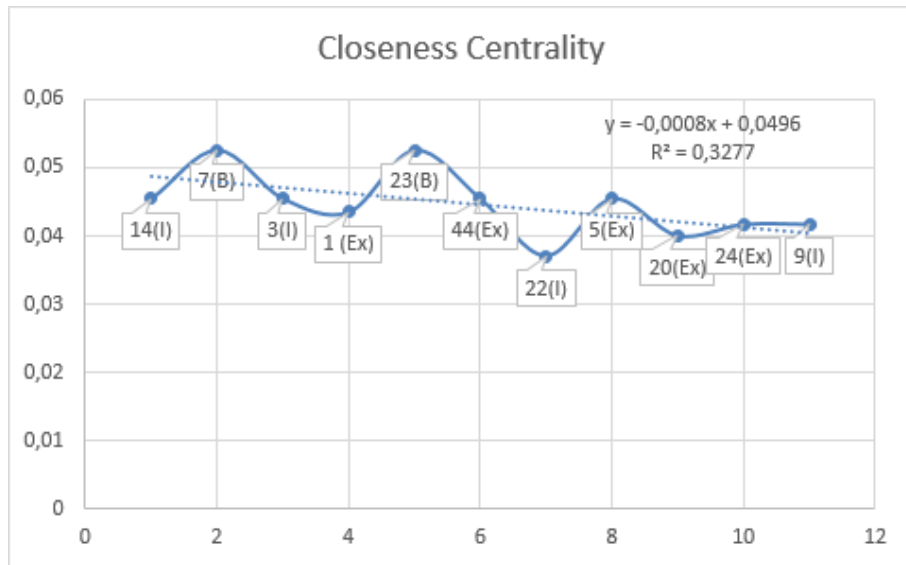


Gràfica 12: Centralitats de mitjana FC Barcelona

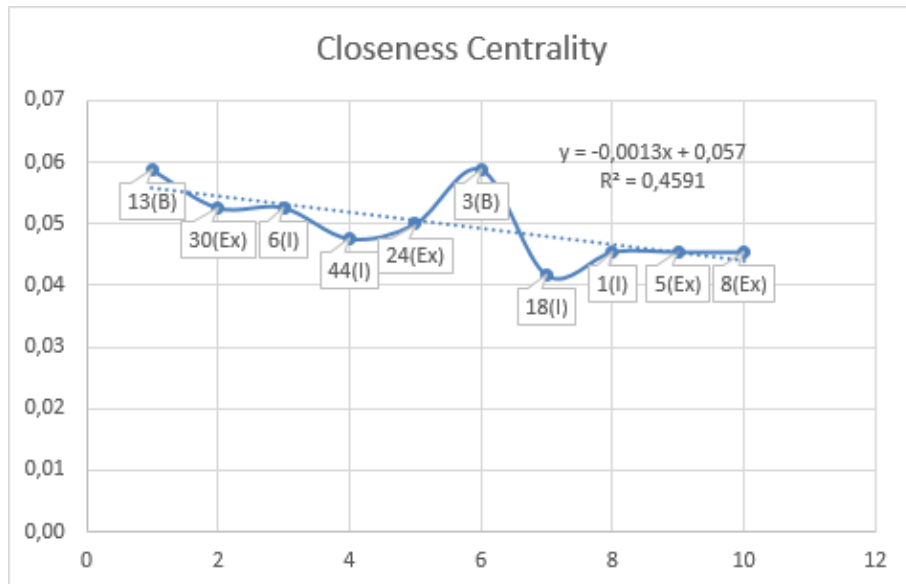
- **Centralitat de proximitat (Closeness Centrality):**

Observem que les gràfiques resultats en ambdós equips són similar a les de grau. Per tant, comparant-les amb les de les valoracions, podem dir que existeix una similitud entre les formes descendent, exceptuant certs punts causat per circumstàncies específiques.

En referència a la definició de centralitat de proximitat, no és una mesura que es pugui traduir en un context d'esport en equip, ja que no s'està avaluant el recorregut mínim entre nodes. És una dada irrellevant, per tant, la extrauríem del nostre anàlisi individual.



Gràfica 13: Centralitats de proximitat Real Madrid

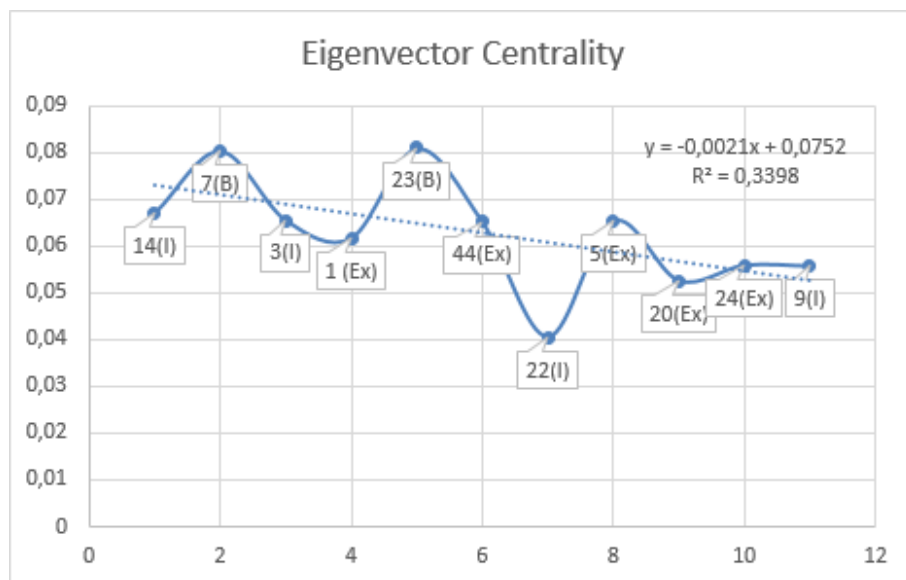


Gràfica 14: Centralitats de proximitat FC Barcelona

- **Centralitat de vector (*Eigenvector Centrality*)**

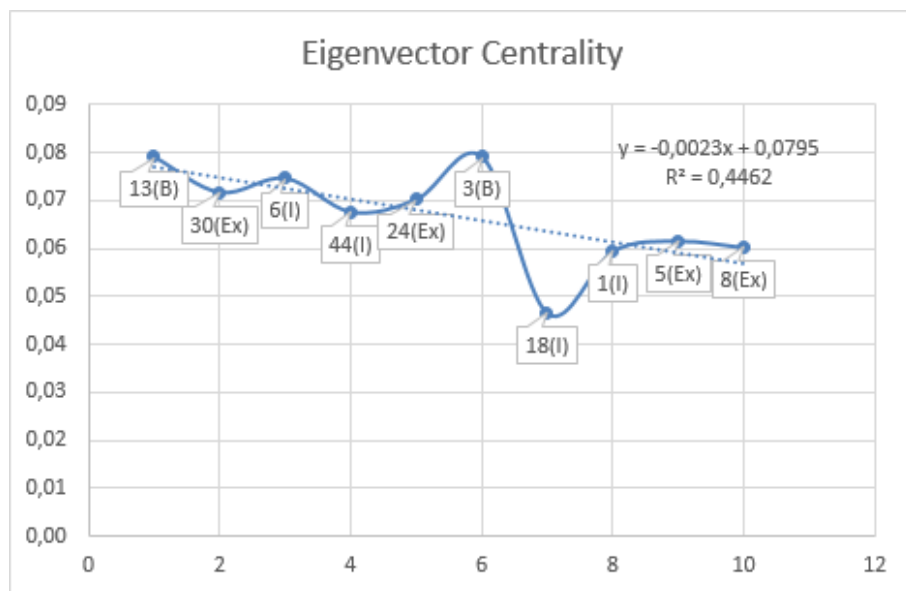
La centralitat de vector calcula la influència dels nodes en una xarxa. Aquesta mètrica destaca que un node és important (en termes de grau) no tan sols per ell mateix, sinó també per si està connectat a un altre que és important. Per tant, és una mètrica a tenir molt en compte en el nostre estudi de cara a veure els grups de jugadors més participatius entre ells. Seran els jugadors més importants i dels quals l'equip dependrà més.

El Real Madrid presenta dos punts força despuntants. Corresponen als bases de l'equip els quals tenen una força influència dins del joc de l'equip. S'observa que existeix un punt d'inflexió on s'aprecia clarament dos grups. Això vol dir, que existeixen sis jugadors els quals presenten una alta participació i fluïdesa de joc entre ells.



Gràfica 15: Centralitats de vector Real Madrid

En referència al FC Barcelona, observem una gràfica més compensada. El valor alt del número 3 correspon, com ja s'ha exposat altres vegades, a que és un del bases de l'equip. L'altre base de l'equip també despunta però, en aquest cas, no és tan visible ja que va ser el màxim valorat de la competició. Visualitzem un punt mínim al número 18 i succeeix exactament el mateix que amb el Reial Madrid. És un punt d'inflexió on es diferencien clarament dos grups, és a dir, sis jugadors presenten una alta cohesió i participació entre ells.



Gràfica 16: Centralitats de vector FC Barcelona

Aquest ha estat l'estudi individual de cada equip sobre els jugadors comparant-los amb les estadístiques oficials. En general, s'observa una relació similar entre ambdues gràfiques (valoracions oficials i mesures de centralitat). En alguns casos els resultats difereixen però s'ha analitzat i raonat el

per què d'aquesta diferència. Per tant, com a conclusió general podem dir que els membres més actius de cada equip (a excepció d'alguns) són els que finalment obtenen una valoració més alta.

3.3.1. Mètriques globals

A continuació, es procedirà a l'anàlisi global dels dos rivals. Aquestes mètriques de centralitat globals s'obtenen del full de càlcul de NodeXL *Overall Metrics*. Les mesures que compararem entre els equips seran les següents:

- Densitat del graf
- Grau mitjà
- Grau mitjà de sortida
- Grau mitjà d'entrada
- Coeficient d'agrupaments mitjà
- Centralitat d'entorn mitjana
- Centralitat de proximitat mitjana
- Centralitat de vector mitjana

	REAL MADRID	FC BARCELONA
Densitat	0,24	0,31
Grau	9,42	9,37
Grau de Sortida	4,11	4,46
Grau d'Entrada	4,11	4,46
Coef. Agrupament	0,29	0,35
Centr. Entorn	10,44	5,06
Centr. Proximitat	0,038	0,053
Centr. Vector	0,056	0,067

Taula 3: Taula mesures de centralitat globals

La **densitat** és un paràmetre que ens indica la cohesió entre un grup. Observem que el FC Barcelona té un densitat superior al Real Madrid. Això vol dir que els jugadors d'aquest equip han interaccionat més entre ells, s'ha jugat més en equip i que existeix un forta connexió entre tots ells. En el cas de l'equip contrari, si s'observa el partit detingudament, s'aprecia com la circulació de pilota és menor i, en la majoria del casos, el joc és entre els mateixos jugadors. Aquestes serien les raons del baix resultat en el valor de la densitat.

El **grau** del Reial Madrid és més elevat, el que podria semblar una contradicció, però la raó de per què ocorre és perquè individualment els jugadors de l'equip blanc tenen un grau més alt. És bo tenir un alt grau, perquè voldria dir que ha tingut una alta participació, però per a la avaluació global de

tot l'equip és més adient que els graus es trobin més compensats i que no despunti cap jugador com passa amb el Real Madrid. En canvi, el FC Barcelona presenta uns graus més homogenis.

Per aquest motiu, tant els graus de sortida com el de entrada són més elevats en l'equip guanyador ja que existeix un millor equilibri de joc.

L'equip blaugrana obté un millor promig del **coeficient d'agrupació** degut a que en global l'equip està millor agrupat, és a dir, els membres tenen més connexions per tant flueix millor el joc que en el cas del rival.

Definim la **centralitat d'entorn** com el nombre de vegades que un node actua com a connexió en el camí més curt entre diferents nodes. Observem que succeeix el mateix que amb el grau, el Real Madrid presenta un resultat més elevat. Per tant, tenir una *Betweenness* global molt elevada no és adient per l'equip ja que això significa que existeixen jugadors que són el centre de tots els atacs, és a dir, els equips tenen molta dependència de certs membres i es tradueix en una poca fluïdesa del joc i, a més, si el jugador aquell dia no té uns bons percentatges d'encerts l'equip està perdut.

Anteriorment, es va exposar que la **centralitat de proximitat** per definició no és una dada útil per al nostre tipus d'estudi individual. En canvi, en un anàlisi col·lectiu es podria traduir com: a major resultat major distància entre nodes, per tant, voldria dir que durant el joc han participat diferents jugadors, és a dir, atacs més llargs i més distribuïts com és el cas del FC Barcelona.

Per últim la **centralitat de vector**. Com era d'esperar, l'equip guanyador ha obtingut un resultat més alt, per tant la influència en conjunt de tots els jugadors és més alta, el que significa més participació global, és a dir, més joc en equip.

3.4. Pressupost

El pressupost d'aquest projecte estarà dins d'un rang, ja que el preu pot dependre de diversos factors.

Es contractaria un enginyer junior, el qual cobraria 12€/h. Necessitaria un portàtil o dispositiu electrònic similar de gama mitja on poder treballar amb comoditat i que, disposi d'un software d'anàlisi de xarxes, NodeXL en aquest cas. En un principi, amb la versió bàsica es podria dur a terme l'estudi correctament però, en cas de que fos necessari, es podria adquirir la versió PRO. Segons el partits que es desitgin analitzar, s'haurà de contemplar l'opció de contractar Movistar+ que és la televisió oficial que els ofereix, tant ACB, com Eurolliga, com NBA.

Per tant, aquesta seria la taula amb les diferents opcions de pressupost:

- Mà d'obra: 12 €/h → 4h de recopilació de dades i 4h d'anàlisi
- Ordinador portàtil o similar: 400€
- NodeXL PRO: 79\$/mensuals (70,5€)
- Movistar+ Esports: 10€/mensuals

Enginyer*	Portàtil*	NodeXL PRO	Movistar+	COST
X	X	X	X	576,5 €
X	X	X		566,5 €
X	X		X	506 €
X	X			496 €

*Aquests costos seran sempre fixes.

Taula 4: Diferents opcions de pressupost

Aquestes tarifes corresponen a un preu mensual només d'un partit, però s'ha de tenir en compte que a mida que es volen analitzar més partits, el cost associat al software, la contractació de Movistar+ i al portàtil es podria amortitzar en menys temps.

Donat que en aquest projecte s'ha realitzat l'anàlisi d'un partit d'ACB, la tarifa calculada serà tenint en compte aquesta competició tan sols. Actualment, a cada jornada es disputen 9 partits, fet que resulta finalment en 36 partits mensuals. En aquestes condicions, el rang mensual de costos seria entre **3.952€ i 4.032,5€**, això és entre 109,78 € i 112,01 € per partit.

4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

4.1. Conclusions

Amb l'objectiu de concloure el projecte s'analitzaran els objectius i les hipòtesis plantejades.

Com a primer objectiu es va establir realitzar un anàlisi de totes les dades extretes del partit. Alhora d'extreure aquestes dades s'han trobat complicacions ja que primer es van haver de plantejar quines accions serien útils i quines no. Finalment, es van considerar aquelles accions més representatives en el joc i aquelles que eren més comparables amb les estadístiques oficials. A més, l'extracció de dades és lenta i enrevessada i existeixen moltes accions difícils de classificar o que no engloben únicament a un jugador.

Per al desenvolupament de l'estudi va ser necessari aprendre el funcionament d'un software d'anàlisi de xarxes complexes. En aquest cas, es va decidir implementar la investigació amb NodeXL perquè garantia un programa de qualitat i suficient. Un cop realitzat tot l'anàlisi, es pot afirmar que NodeXL és molt útil per a aquesta finalitat. Té moltes funcionalitats i permet nombroses personalitzacions del sistema que faciliten la visualització i la comprensió dels resultats.

Un cop analitzades totes les dades extretes i comparades amb les valoracions oficials, s'observa que realment els resultats es poden comparar ja que les gràfiques de cadascuna presenten un comportament similar. Existeixen algunes excepcions, com ja s'ha vist, de certs jugadors que pel seu rol de base encara que tinguin una valoració baixa estan molt actius durant el joc i per això s'aprecien pics a les gràfiques. Altres excepcions són jugadors que han disputat pocs minuts, però han tingut encert i, llavors, tenen valoracions altes.

Per definició i comportament, les mesures de centralitat que representarien millor aquesta valoració serien les que correlacionen positivament amb ella i amb el coeficient de determinació¹⁷ $R^2 > 0.4$

¹⁷ https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_determinaci%C3%B3n

en el cas del FC Barcelona i $R^2 > 0.3$ en el cas del Real Madrid ja que presenta unes gràfiques més irregulars. És a dir:

- Centralitat de grau ($R_{RM}^2 = 0.34$ i $R_{FCB}^2 = 0.57$).
- Centralitat de proximitat ($R_{RM}^2 = 0.33$ i $R_{FCB}^2 = 0.46$).
- Centralitat d'entorn ($R_{RM}^2 = 0.34$ i $R_{FCB}^2 = 0.45$).

En mesures globals i/o mitjanes, també es compleix la hipòtesi de que l'equip que obté les majors mitjanes en les mesures de centralitat anteriors, implica més interaccions entre els seus nodes, un joc molt més fluït i participatiu, i que aquell equip que compleixi aquestes característiques serà el guanyador. En aquest cas es compleix, ja que el FC Barcelona ha obtingut, en general, millors resultats en les mesures de centralitat globals i ha estat l'equip guanyador.

Respecte a la hipòtesi de si amb el número de passades és podrien deduir les posicions de cada jugador, no es compleix en totes les circumstàncies. En el cas del bases si que observem que són els més interactius entre altres nodes, però en el cas dels jugadors exteriors i interiors no s'aprecia una clara distinció, únicament depèn de la seva activitat durant el partit.

Un cop conclusos tots els anàlisis dels resultats, podem afegir que caldria incloure més ítems relacionats amb el joc a partir de les quals poder completar l'anàlisi per veure si les gràfiques de les mesures de centralitat i les valoracions oficials acaben essent iguals en tendència. Un dels elements a incorporar serien aquelles accions de bloqueig (qui fa el bloc a qui) ja que és una acció que genera molt d'espai i és molt emprada pels jugadors. També es podrien comptabilitzar les faltes (qui la fa i qui la rep). Una altra modificació, que opino que podria ser important i igualaria força els resultats, seria la de donar més pes a les cistelles de dos i tres punts, ja que ara s'estan tenint en compte totes de la mateixa manera. Una manera seria crear dues connexions iguals en cas que fos de dos punts i tres connexions si és un triple.

Per acabar, com a conclusió final sobre tot el treball i responent a l'objectiu principal d'aquest treball que és si les xarxes complexes serveixen per estudiar l'evolució i els rendiments individuals i col·lectiu d'un equip, podem afirmar que, efectivament, serveixen. Es pot avaluar la importància d'un jugador

dins d'un equip, amb quins companys interacciona més, si té una participació alta, entre d'altres. I a nivell global, si aquell equip juga més en equip o depèn d'un jugador o jugadors, si existeix fluïdesa en els atacs, etc. Totes aquestes diferents avaluacions serveixen per veure quins aspectes ha de millorar l'equip, si necessiten prescindir més del vot i jugar col·lectivament, quins jugadors estan més cohesionats entre ells i obtenen resultat exitosos o per el contrari les accions són fallides. També és una informació molt valuosa per al rival de cara a plantejar la defensa del partit, saber quins jugadors han de ser defensats amb més intensitat i intentar evitar tantes interaccions entre el nucli de l'equip.

Val a dir que la mostra representativa en aquest treball és molt petita: un partit i dos equips. Treure conclusions d'aquesta mostra és sempre arriscat. Com es comenta més endavant, caldria ampliar la mostra per tal de donar resultats més significatius.

En definitiva, les xarxes complexes ajuden a mesurar l'evolució i el rendiment d'un equip de persones, almenys si es tracta, com en aquest cas, d'un equip esportiu. Tenint en compte que les dinàmiques que s'estableixen amb un grup de persones que treballen juntes en un mateix projecte dins d'una empresa podrien ser semblants, amb rols específics per a la direcció, gestió, desenvolupament d'estratègies, etc., podríem esperar que una anàlisi d'aquest tipus proporcionés resultats semblants. Però això ho deixem pel treball futur.

4.2. Planificació i programació d'un treball futur

Una de les primeres tasques a fer en un futur en aquest tipus de projecte seria implementar una tecnologia que reduís el temps de recollida de dades per tal d'augmentar l'eficiència i reduir costos i temps. Una via per a fer-ho seria realitzar un programa de reconeixement on detectés els diferents jugadors per color i dorsal. El sistema s'hauria d'entrenar molt bé amb les diferents possibilitats de cada acció per intentar reduir al màxim l'error ja que és una unitat viva i poden sorgir jugades inesperades que no sàpiga on ni com classificar-les. Una solució a aquestes dades no classificades seria que es guardessin i s'analitzessin manualment.

Un cop resolt el problema de la extracció de dades, hi hauria dues vies de continuar el projecte, una més teòrica i l'altre més pràctica.

La primera opció seria continuar l'anàlisi anotant més accions (i.e., bloquejos com s'ha comentat) i realitzar l'estudi amb un volum més alt de partits per tal de veure quina és la evolució dels equips durant tota la temporada, en diferents competicions (i.e., Lliga, Eurolliga, Copa del Rei, etc.), quins jugadors han destacat més i si es corresponen amb els jugadors que estan en el rànquing oficial d'ACB de més valorats. Finalitzat l'anàlisi, un altre pas a seguir seria realitzar el mateix amb partits NBA per tal de fer posteriorment una comparativa entre les diferents maneres de jugar ja que en la NBA, en general, el joc és més individualista.

L'altra via a seguir en aquest projecte, seria portar aquestes anàlisis i conclusions a la pràctica, és a dir, escollir un equip no professional el qual poder analitzar i veure els punts fort i febles de l'equip mitjançant les xarxes complexes i intentar aplicar correccions per veure si realment els resultats varien a millor. Per exemple, s'observa que un jugador té un baix resultat en les mesures de centralitat comentades anteriorment les quals són importants per veure la participació i la influència. Llavors, els passos a seguir serien donar les directrius adequades al jugador per tal de millorar els seus punts febles i potenciar les seves habilitats per a que intervingui més en el joc i així contribuir més a l'equip. A nivell global s'observaria si l'equip juga amb fluïdesa i en equip i si caldria millorar

aquest aspecte. També, alhora de seleccionar quins jugadors surten a pista es podrien tenir en compte les combinacions que intervenen més durant el partit i finalitzen exitosament.

Per últim, caldria traslladar aquesta metodologia a l'àmbit d'empresa, per comprovar com els resultats són extrapolables o no a aquest àmbit.

5. BIBLIOGRAFIA

ACB. (2018). *Plantilla FC Barcelona 2018-2019*. Obtingut de

http://www.acb.com/plantilla.php?cod_equipo=BAR&cod_competicion=LACB&cod_edicion=63

ACB. (2018). *Plantilla Real Madrid 2018-2019*. Obtingut de

http://www.acb.com/plantilla.php?cod_equipo=MAD&cod_competicion=LACB&cod_edicion=63

ACB. (17 de Febrer de 2019). *Estadístiques de la final de Copa del Rei 2019*. Obtingut de

<http://www.acb.com/fichas/CREY83007.php>

Aldana, M. (Novembre de 2006). *Redes Complejas*. Obtingut de

<https://www.fis.unam.mx/~max/English/notasredes.pdf>

Buldú, J. M. (1 de Octubre de 2018). *La Ciencia de las Redes llega al fútbol... para quedarse*.

Obtingut de <http://www.madrimasd.org/blogs/redes-complejas/>

Caparrini, F. S. (15 de Maig de 2016). *Introducción a las redes complejas*. Obtingut de

<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=80>

Costa, L. d., & Osvaldo N. Oliveira Jr., G. T. (s.f.). *Analyzing and modeling real-world phenomena with complex networks: a survey of applications*. Obtingut de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00018732.2011.572452?scroll=top&needAccess=true>

Desconegut. (10 de Maig de 2019). *Centrality*. Obtingut de <https://en.wikipedia.org/wiki/Centrality>

Desconegut. (12 / Maig / 2019). *Coeficiente de determinación*. Recollit de https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_determinaci%C3%B3n

Desconegut. (23 de Mayo de 2019). *Red Compleja*. Obtingut de https://es.wikipedia.org/wiki/Red_compleja

Granada, U. d. (21 de Febrer de 2019). *Tema 2: Red Compleja como ejemplo de sistema*. Obtingut de http://www.ugr.es/~jtorres/Tema_2_redes_complejas.pdf

Granada, U. d. (s.f.). *Introducción a la teoría de grafos*. Obtingut de <https://www.ugr.es/~jesusgm/Curso%202005-2006/Matematica%20Discreta/Grafos.pdf>

Hansen, D. L., Shneiderman, B., & Smith, M. A. (2011). *Analyzing Social Media Networks with NodeXL*. Obtenido de <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123822291/analyzing-social-media-networks-with-nodexl>

Javier M. Buldú, J. B.-D. (8 de Octubre de 2018). *Using Network Science to Analyse Football Passing Networks: Dynamics, Space, Time, and the Multilayer Nature of the Game*. Obtingut de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01900/full>

Jennifer H. Fewell, D. A. (6 de Novembre de 2012). *Basketball Teams as Strategic Networks*. Obtingut de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0047445>

Mickeal, M. (17 de Febrer de 2019). *Copa del Rey 2019 ★ FINAL ★ Real Madrid / Barcelona*. Obtingut de <https://www.youtube.com/watch?v=VB9WwYum-ao&t=9146s>

Newman, M. (2010). *Networks. An introduction*. Oxford (UK): Oxford University Press.

Newman, M. E. (25 de Març de 2003). *The Structure and Function of Complex Networks*. Obtingut de <https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480>

Pamplona, U. d. (s.f.). *Teoría de grafos*. Obtingut de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_23/recursos/general/11072012/grafos3.pdf



A la meva família per tot el seu afecte.

A ell per creure en mi cada dia.

I, finalment, a Martí Rosas pel seu suport i consells durant l'últim any.